

1, June 22, 1999, 15:05

2/5/1 (Item 1 from file: 351)

DIALOG(R) File 351: DERWENT WPI

(c) 1999 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010666028 **Image available**

WPI Acc No: 96-162982/199617

XRPX Acc No: N96-136534

Three dimensional object optical shape recognition method - using
integrated processor part to process load average of data distances

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC	Week
JP 8043055	A	19960216	JP 94178569	A	19940729	G01B-011/24	199617 B

Priority Applications (No Type Date): JP 94178569 A 19940729

Patent Details:

Patent	Kind	Lan	Pg	Filing Notes	Application	Patent
JP 8043055	A		12			

Abstract (Basic): JP 8043055 A

The recognition method involves using a pair of cameras (10,20) at different points with same photographed object distance for image pickup of the object. The photographed object distance 'DS' which is the first data distance is obtained from the stereo image which is obtained by a range part (70).

A back and front stereo range parts (60,80) respectively using the back and front stereo method provides the second and third data distances 'DR,DL' after changing photographed object distance. An integrated processing part (19) processes the load average of all the three data distances.

USE/ADVANTAGE - In recognizing environment, obstacle, topography and industrial product. Improves reliability of recognition. Improves range accuracy. Measures shape with high precision.

Dwg.1/11

Title Terms: THREE; DIMENSION; OBJECT; OPTICAL; SHAPE; RECOGNISE; METHOD;

INTEGRATE; PROCESSOR; PART; PROCESS; LOAD; AVERAGE; DATA; DISTANCE

Derwent Class: S02; T01; T04

International Patent Class (Main): G01B-011/24

International Patent Class (Additional): G06T-005/20; G06T-007/00

File Segment: EPI

2/5/2 (Item 1 from file: 347)

DIALOG(R) File 347: JAPIO

(c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05087555 **Image available**

METHOD AND APPARATUS FOR RECOGNIZING SHAPE OF THREE DIMENSIONAL OBJECT

PUB. NO.: 08-043055 JP 8043055 A]

PUBLISHED: February 16, 1996 (19960216)

INVENTOR(s): KONDO TOSHIKI

IIJIMA KATSUMI

APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 06-178569 [JP 94178569]

FILED: July 29, 1994 (19940729)

INTL CLASS: [6] G01B-011/24; G06T-007/00; G06T-005/20

JAPIO CLASS: 46.1 (INSTRUMENTATION -- Measurement); 45.9 (INFORMATION
PROCESSING -- Other)

ABSTRACT

PURPOSE: To accurately measure three dimensional shape of an object.

2, June 22, 1999, 15:05

CONSTITUTION: Two cameras 10 and 20 are used. A distance DS to a subject is obtained from the picked-up stereo images at a distance-measuring part 70 according to a stereo measuring method. Meanwhile, distance data DR and DL are obtained at front and rear stereo distance-measuring parts 60 and 80 according to a front and rear stereo measuring method while the distance to the subject is changed. A total processing part 90 processes each data DS, DR, DL through a weighted mean treatment in accordance with the respective reliability, thereby to obtain an ultimate distance to the subject. Accordingly, a three-dimensional shape of the subject can be highly accurately and stably measured with the measuring results according to two methods compensated each other.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-43055

(43)公開日 平成8年(1996)2月16日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24		K		
G 0 6 T 7/00				
5/20				

G 0 6 F 15/62 4 1 5

15/68 4 0 5

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平6-178569

(22)出願日 平成6年(1994)7月29日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 近藤 俊明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノ
ン株式会社内

(72)発明者 飯島 克己

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノ
ン株式会社内

(74)代理人 弁理士 國分 孝悦

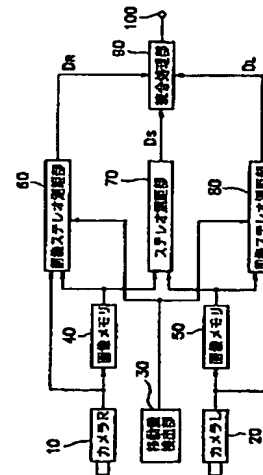
(54)【発明の名称】 3次元物体形状認識方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 対象物体の3次元形状を精度良く計測すること。

【構成】 2つのカメラ10、20を用い、それぞれ撮像したステレオ画像から測距部70においてステレオ測距法により被写体距離データ D_s を得る。一方、被写体距離を変えながら前後ステレオ測距部60、80において前後ステレオ測距法により距離データ D_r 、 D_l を得る。統合処理部90は各データ D_s 、 D_r 、 D_l を各々の信頼性に応じて荷重平均することにより、最終的な被写体距離を求める。

【効果】 2つの測距法の計測結果が補い合いながら被写体の3次元形状を高精度に安定して計測することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の3次元形状を非接触に計測、認識する方法において、

同じ被写体距離で異なる視点から入力された複数の画像を用いる水平／垂直面内視差型の多視点撮像法により物体を認識するステップと、

異なる被写体距離で同じ視点から入力された複数の画像を用いる前後視差型の多視点撮像法により物体を認識するステップと、

上記各ステップでそれぞれ独立に又は協調的に求めた3次元物体の形状計測、認識結果を統合して荷重平均するステップとを有する3次元物体形状認識方法。

【請求項2】 上記前後視差型の多視点撮像法で使用する異なる倍率の画像間の倍率補正を行うステップを有することを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項3】 上記水平／垂直面内視差型の多視点撮像法で求められた被写体距離に応じて倍率補正を行うステップを有することを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項4】 上記前後視差型の多視点撮像法で用いる異なる倍率の画像間の対応付けにフーリエ・メラン変換法を用いることを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項5】 フィルタにより画像の斜め方向の空間勾配成分と上記画像の水平／垂直方向の空間勾配成分とを分離し、画像の水平／垂直方向の空間勾配成分は上記水平／垂直面内視差型の多視点撮像法に優先的に供給し、上記画像の斜め方向の空間勾配成分は上記前後視差型の多視点撮像法へ優先的に供給することを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項6】 過去の3次元物体形状認識結果を利用することを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項7】 複数の撮像装置をこれらの撮像装置の前後進速度に応じて同一の被写体を視野に含むように指向させることを特徴とする請求項1記載の3次元物体形状認識方法。

【請求項8】 同じ被写体距離で異なる視点から入力された複数の画像を用いる水平／垂直面内視差型の多視点撮像法により物体認識する認識手段と、異なる被写体距離で同じ視点から入力された複数の画像を用いる前後視差型の多視点撮像法により物体認識する認識手段と、上記各認識手段によりそれぞれ独立に又は協調的に求めた3次元物体の形状計測、認識結果を荷重平均する統合処理手段とを備えた3次元物体形状認識装置。

【請求項9】 上記前後視差型の多視点撮像法で使用する異なる倍率の画像間の倍率補正を行う補正手段を設けたことを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識

装置。

【請求項10】 上記水平／垂直面内視差型の多視点撮像法で求められた被写体距離に応じて倍率補正を行う補正手段を設けたことを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識装置。

【請求項11】 上記前後視差型の多視点撮像法で用いる異なる倍率の画像間の対応付けにフーリエ・メラン変換法を用いることを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識装置。

10 【請求項12】 画像の斜め方向の空間勾配成分と上記画像の水平／垂直方向の空間勾配成分とを分離するフィルタを有し、画像の水平／垂直方向の空間勾配成分は上記水平／垂直面内視差型の多視点撮像法による認識手段に優先的に供給し、上記画像の斜め方向の空間勾配成分は上記前後視差型の多視点撮像法による認識手段に優先的に供給することを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識装置。

20 【請求項13】 過去の3次元物体形状認識結果を利用することを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識装置。

【請求項14】 複数の撮像装置をこれらの撮像装置の前後進速度に応じて同一の被写体を視野に含むように指向させることを特徴とする請求項8記載の3次元物体形状認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、画像データから環境、障害物、地形、工業製品等を非接触に計測、認識する3次元物体形状認識方法及び装置に関するものである。

30 【0002】

【従来の技術】 従来、画像データを用いた3次元物体形状認識方法及び装置としては、対象物体を異なる視点から撮像した複数の画像データにおける当対象物体の各点の対応関係から求まる空間的な位置情報を用いて、三角測量の原理に従って、認識、計測する方法、いわゆる多視点撮像法が広く活用されている。この多視点撮像法には、単眼で視点を変えて撮像した時系列画像データを用いて、擬似的に多視点撮像法を実現する方法もある。

40 【0003】 ここで、上記多視点撮像法（あるいは多視点測距法）のうち、2台の撮像装置（以下、カメラと言う）を水平に配置した通常のステレオ撮像法の測距原理と1台のカメラを光軸方向に前後に移動させて撮像した画像データを利用する前後（視差）ステレオ測距法の測距原理を、それぞれ図10、図11を用いて説明する。なお、前者は【特許請求の範囲】記載の水平／垂直面内視差型の多視点撮像法の基本原理に相当し、後者は【特許請求の範囲】記載の前後視差型の多視点撮像法の基本原理に相当する。

50 【0004】 また、ここで上記“水平／垂直面内視差型”の多視点撮像法とは、例えば人間の目やステレオ撮像

装置のごとく、被写体に対して平行に異なる視点から撮像した画像を用いて、三角測量則に従い被写体の認識を行うものである。以後、簡単のため、単に“ステレオ撮像法”あるいは“ステレオ測距法”と書く。一方、上記“前後視差型の多視点撮像法”とは、カメラの光軸を変化させずにこの光軸に沿って前後に異なる視点から撮像した画像を用いるものである。以後、本手法を簡単のため“前後ステレオ撮像法”あるいは“前後ステレオ測距

$$(h_r - h_l) : f = B : (D - f) \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1) 式を被写体距離Dに関して解けば、

$$D = \{ (B \cdot f) / (h_r - h_l) \} + f \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。(2) 式中、B、f は定数で既知であるから、被写体距離Dを求めるためには、撮像面上の視差 ($h_r - h_l$) を検出する必要がある。このために、通常、相関演算に基づくマッチング法や勾配法 (cf. 特公昭60-46878号公報) 等の画像処理が行われる。

【0006】次に図11を用いて、上記前後(視差)ステレオ測距法の測距原理を説明する。図11中、H、

$$H : (D - f) = h : f$$

$$H : (D' - f) = h' : f$$

が成り立つ。

$$(3) \text{ 式より、} H \cdot f = h \cdot (D - f) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$(4) \text{ 式より、} H \cdot f = h' \cdot (D' - f) \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。ここで (5) = (6) であるから、

$$h \cdot (D - f) = h' \cdot (D' - f) \quad \dots\dots\dots (7)$$

である。今、カメラの移動量(前後差) ($D' - D$) は既知であるとする。この前後差 ($D' - D$) をBとお

$$\begin{aligned} h \cdot (D - f) &= h' \cdot (D' - f) \\ &= h' \cdot \{ (B + D) - f \} \quad \text{だから、} \end{aligned}$$

$$D = \{ (B \cdot h') / (h - h') \} + f \quad \dots\dots\dots (8)$$

【0010】を得る。従って、(8) 式より、注目点の撮像面上の移動量 ($h - h'$) が求めれば、被写体までの距離Dを計算することができる。

【0011】以上、図10、図11を用いて左右視差のステレオ測距法及び前後視差のステレオ測距法の測距原理についてそれぞれ説明した。(2)、(8) 式より、いずれの場合についても左右画像あるいは前後画像間の各点の対応付け問題に帰着することが判る。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例では、画像データを用いた対応点探索をするので、画像内に十分な特徴が無い場合、あるいは逆に細かい周期パターンのような高周波成分が多い場合などで十分な精度が得られないという欠点がある。また、異なる視点から得た画像を用いるので、一方では写っているが、他方では隠れている領域が必ず存在し、当該領域においては対応点が存在していないので、原理的に測距できないという欠点がある。このように、画像データを用いた対応点探索の精度は、注目点を中心とする周辺の画像データの特性に直接影響を受けるので、計測結果は不確実で不

法”と書く。

【0005】図10は、ステレオ測距法の基本原理、三角測量の原理を説明するための図である。図中の記号D、f、B、 h_l 、 h_r はそれぞれ被写体距離、焦点距離、基線長、左撮像系における物体(対象物体)の撮像位置、そして右撮像系における物体の撮像位置を示している。同図より、以下の幾何学的関係が成立することは自明である。即ち、

$$\dots\dots\dots (1)$$

D、D'、h、h'、fのうち、Hは被写体の注目点から光軸までの高さ、D、D' は被写体と撮像面との距離で、カメラがより被写体に近づいた時の距離がD、遠い時の距離がD' である。またD、D' の時の撮像面上における結像点がh、h' で、焦点距離がfである。この図11の幾何学的関係から、

【0007】

$$\dots\dots\dots (3)$$

$$\dots\dots\dots (4)$$

【0008】

て、(7) 式をDについて解くと、

【0009】

安定であるという問題がある。

【0013】さらに前後(視差)ステレオ測距法に関しては、上記問題に加え、対応付けをする画像間でパターンの倍率が異なることによる精度劣化という問題がある。またさらに、前後の視点位置が大きくなると変倍率も大きくなり、左・右又は上・下のカメラで入力された画像間で共通視野領域が小さくなり、測距可能範囲が小さくなる、分解能が低下する等の問題がある。

【0014】本発明は以上の問題に鑑みて成されたもので、請求項1、8の発明の目的は、物体の3次元形状計測の動作の精度、確実性、安定性を増し、3次元物体形状認識方法及び装置の信頼性を高めることにある。

【0015】請求項2、9の発明の目的は、前後ステレオ撮像法の精度を向上させることにある。

【0016】請求項3、10の発明の目的は、水平/垂直面内視差型の多視点撮像法により求めた被写体距離を利用して、前後視差型の多視点撮像法で利用する変倍された画像間の倍率補正をすることにより、前後視差型の多視点撮像法による測距精度を向上させることにある。

【0017】請求項4、11の発明の目的は、前後視差型の多視点撮像法で利用する変倍された画像間の対応付けに、パターンの変倍に強いFourier-Mellin変換法を利用することにより、前後視差型の多視点撮像法による測距精度を向上させることにある。

【0018】請求項5、12の発明の目的は、入力画像の斜め方向の空間勾配成分と水平／垂直方向の空間勾配成分とに分離するフィルタを設けて、各々の成分を画像の平行移動を検出することが主たる働きとなる水平／垂直面内視差型の多視点撮像部と、画像の放射状の動きを検出することが主たる働きとなる前後視差型の多視点撮像部とにそれぞれ供給することにより、両手法の測距精度を向上させることにある。

【0019】請求項6、13の発明の目的は、前後ステレオ撮像法及びステレオ測距法おのおのの測距精度を逐次高めていくことにより、様々な要求精度にフレキシブルに対応できる自由度の高い被写体の3次元形状認識方法及び装置を実現することにある。

【0020】請求項7、14の目的は、単位時間（画像サンプル時間）に比して前後進移動量が大きくなり、有効な画像領域が狭くなった時でも、左右あるいは上下に配置された複数のカメラで共通の被写体を撮像できるように上記複数のカメラを被写体に指向させて、例えば高速に走行する自律走行車にも適用できるようにすることにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1、8の発明はステレオ測距法と前後ステレオ測距法とを組み合わせることを特徴とする。

【0022】請求項2、3、9、10の発明では、画像の倍率補正を行うことを特徴とする。

【0023】請求項4、11の発明では、前後ステレオ測距法における対応付けにフーリエ・メラン変換法を利用することを特徴とする。

【0024】請求項5、12の発明では、画像の水平／垂直方向の空間勾配成分と斜め方向の空間勾配成分に分離するフィルタを有することを特徴とする。

【0025】請求項6、13の発明では、測距結果を時間方向に統合することを特徴とする。

【0026】請求項7、14の発明では、複数のカメラを同一被写体を捉えるように指向させることを特徴とする。

【0027】

【作用】請求項1、8の発明によれば、上記2種類の異なる測距法を組み合わせ、各々の手法に基づいて計測された被写体距離に関する情報を各々の信頼性に応じて荷重平均するので、測距動作の精度、確実性、安定性が増し、信頼性が向上する。

【0028】請求項2、3、9、10の発明によれば、前後ステレオ測距法、ステレオ測距法に基づき計測され

た測距情報に応じて画像の倍率補正を行うように動作するので、前後ステレオ測距法、ステレオ測距法の精度が向上する。

【0029】請求項4、11の発明によれば、フーリエ・メラン変換については、"Applied Optics, 1976, Vol. 15" (D. Casasas et al.) の"Position, rotation and scale invariant optical correlation"や特開平6-28476号公報に詳しく述べられているが、画像パターンの回転や変倍に強い対応付けをすることができるので、前後ステレオ測距法の精度が向上する。（尚、フーリエ・メラン変換の手順については後述する第3の実施例で述べる。）

【0030】請求項5、12の発明によれば、フィルタにより抽出された水平／垂直成分はステレオ測距法による測距手段へ、抽出された斜め成分は前後ステレオ測距法による測距手段へそれぞれ優先的に入力される。ステレオ測距法は、平行に視点を変化させているので、対応点の探索も平行方向に行うのが一般的である。従って、水平あるいは垂直方向の空間勾配情報が必要である。一方、前後ステレオ測距法では、カメラの光軸に沿って前後に視点を変化させるので、対応点の探索は放射状に行う。従って、斜め方向の勾配情報が有効である。上記フィルタは、各々の測距手段に各々が得意とする勾配成分を出力するので、ステレオ測距、前後ステレオ測距共に測距精度が向上する。

【0031】請求項6、13の発明によれば、過去に計測された距離情報と最新の距離情報とを各々の信頼性に基づいて荷重平均するように動作するので、ある時刻に突発的に加わるノイズに対して安定度が増し、かつ時間方向の情報結合により測距の精度が向上する。更に、測距精度を逐次高めていくので、多様な要求スペックに柔軟に対応できる自由度の高い測距が行なわれる。

【0032】請求項7、14の発明によれば、カメラの前後進移動速度に応じて常時視野内に同一の被写体を入力できるようにカメラを被写体に指向する際に発生する画像の台形歪みを補正するように動作するので、移動速度が大きい時のステレオ測距法の分解能、測距精度が向上する。

【0033】

【実施例】

（第1の実施例）図1は本発明の特徴を最もよく表す図面であり、本発明の3次元物体形状認識装置を自律走行車に搭載した例である。同図において、10、20は撮像部としての左右のカメラ、30は自走車の移動量検出部、40、50はフィールドメモリ又はフレームメモリのような画像メモリ、60、80は前述の前後ステレオ測距部、70は前述のステレオ測距部、90は測距結果の統合処理部、100は最終的な測距結果の出力端子である。

【0034】以下、図1の動作を詳しく説明する。水平

あるいは垂直に配置された2つのカメラ10, 20は互いに光軸が平行になるよう固定されており、その間隔、いわゆる基線長も固定されている。測距部60, 80では、それぞれ画像メモリ40, 50を介して時刻の異なる画像間の対応付けを行い、更に移動量検出部30で求めるカメラの前後の移動量を用いて(8)式の三角測量則に従って測距を行う。対応付けの手法としては前述のマッチング法や勾配法に限らず、相互相関法、フーリエ変換法等、画像データを用いる手法であれば何でも良い。

【0035】一方、測距部70では、物体を異なる視点から撮像した同時刻における画像ペア間の対応付けを行い、(2)式の三角測量則に基づき被写体距離を演算する。ここでの対応付け手法も前記の通り特定の手法に限

$$D = [\{ k_r / (k_r + k_l + k_s) \} \cdot D_r] \\ + [\{ k_l / (k_r + k_l + k_s) \} \cdot D_l] \\ + [\{ k_s / (k_r + k_l + k_s) \} \cdot D_s] \quad \dots\dots\dots (9)$$

と表現できる。

【0038】また、2つのカメラ10, 20が水平に配置された場合、一般に水平方向のエッジに沿った測距精度は、垂直方向のエッジに沿った測距精度よりも低い。上記2つのカメラ10, 20を上下に配置する場合には、その逆である。つまり、ステレオ測距法では、2つのカメラの配置の仕方でも高精度に計測できる方向が決まることになる。従って、この測距精度の方向性を利用して前記 D_r , D_l と D_s の荷重平均をエッジの方向に応じて行っても良い。

【0039】以上のように本発明の第1の実施例では、2つの測距方法を組み合わせることにより、本来、不確定、不安定であった画像処理によるリモート・センシング(非接触計測)の動作を確実、安定なものとし、入力される画像データの特性の変化にロバストな信頼性の高い3次元形状計測方法及び装置を提供することができ

$$r = h/h' = (D' - f) / (D - f) \quad \dots\dots\dots (10)$$

となり、 $D' - D = B$ を用いて、

$$r = h/h' = 1 + \{ B / (D - f) \} \quad \dots\dots\dots (11)$$

と表せる。この概形を図3に示す。この図3によれば、拡大率 r と被写体距離 D との関係は、 $D = f$, $r = 1$ を漸近線とする双曲線で表わされることが判る。これは、遠距離の物体ほど拡大率が小さく、近距離の物体ほど大きい拡大を受けることを意味している。従って、画像パターンの倍率補正は被写体距離の大きさに応じて適応的に行う必要がある。

【0043】本発明においては、ステレオ測距部70により被写体距離 D_s と移動量検出部30により自走車の前進(あるいは後進)量 B とが得られるので、これらの値 D_s , B を用いて画像パターンの倍率補正を適応的に実行可能である。

【0044】具体的には、(11)式を用いてマッチングに用いるテンプレート(=ブロック)のサイズを被写

定されるものではない。

【0036】統合処理部90では、測距部60, 70, 80で求められた距離データ D_r , D_s , D_l を各々の信頼性に基づいて荷重平均する。マッチング法を例にとれば、距離データの信頼性はマッチングの相関係数値や、相関係数のピークの鋭さなどを利用することができる。いま、カメラ10の前進運動中の時系列画像間の対応付けから求められた距離情報を D_r 、カメラ20の前進運動中の時系列画像間の対応付けから求められた距離情報を D_l 、そしてカメラ10, 20間の対応付けから求められた距離情報を D_s とし、それぞれの信頼性を k_r , k_l , k_s と表せば、最終結果の距離 D は、例えば

【0037】

る。尚、カメラ10, 20は2つ以上用いてもよい。

【0040】(第2の実施例) 図2は第2の実施例を示す。この第2の実施例も第1の実施例と同様に本発明による3次元物体形状認識装置を自律走行車に搭載して、障害物や道路の認識をさせるものである。第1の実施例との違いは倍率補正部45, 55が新たに追加されている点であり、他の部分は図1と同一に構成されている。

【0041】倍率補正部45, 55では、ステレオ測距部70で求められた距離情報 D_s と移動量検出部30で求められる画像メモリ40, 50が画像データを保持する時間内の自走車の移動量 B を用いて画像パターンの倍率の補正を行う。倍率補正の具体的な内容を以下で説明する。画像パターンの拡大率 r は前記(3), (4)式を連立させて h/h' について解けば、

【0042】

体距離に応じて適応的に、例えば $5 \times 5 \text{ pel}$ を $7 \times 7 \text{ pel}$ へ拡大してから対応付けの演算を始める。あるいは、逆に拡大後の画像を(11)式に応じて縮小あるいは間引いて、拡大前の画像サイズに合わせてから対応付けを行うようにしても良い。

【0045】以上述べた第2の実施例では、移動量 B 、被写体距離 D に応じて適応的に画像の倍率の差を幾何学的に補正するので、前後ステレオ測距法における対応付けの精度を格段に向上させることができるという効果がある。本実施例は、特に被写体距離に応じて変倍率が大きく変化する近距離の物体に対して有効である。近距離物体の測距では、ステレオ測距する場合、視差の大きさゆえにオクルージョン問題が発生し易いが、その際の前後ステレオ測距法の信頼性を高めるため総合的な信頼性

も高めるといふ特有の効果がある。従って、本実施例における統合処理部90では、被写体距離に応じて、前後ステレオ測距法による計測結果 D_1 、 D_2 とステレオ測距法による計測結果 D_3 とを荷重平均することもできる。

【0046】(第3の実施例) 図4は本発明の第3の実施例を示す。図4において、第1の実施例との相異点は前後ステレオ測距部60、80の前にフリーエ・メラン変換部260、270、280、290を設けた点である。次に、フリーエ・メラン変換部の動作について図5を用いて説明する。

【0047】ステップS10により入力された画像データは、まずステップS20で、フーリエ変換される。画像パターンのフーリエ変換後の振幅(又はパワー)は、パターンが平行移動しても不変であり、パターンの拡大、例えば a 倍されると $1/a$ 倍に縮小される。また、パターンの回転 θ に対しては同じ θ だけ振幅も回転する。そこで、次のステップS30において、その振幅像を縦軸にその偏角、横軸に対数目盛りの動径をとって座標変換を施して表現する。

【0048】上記座標変換後には、元のパターンを回転させると縦軸方向への平行移動をし、元のパターンが変倍されると横軸方向への平行移動をするので、次のステップS40で再度フーリエ変換した後の振幅は、元のパターンの回転/変倍に対して不変なものとなる。当パターンを用いて、次のステップS50の前後ステレオ測距部で対応付けを行えば、パターンの回転や変倍に強い測距を実現することができる。

【0049】以上のように、本実施例によれば、変倍されたパターンの対応付けにフリーエ・メラン変換を用いることで、前後ステレオ測距法の精度が向上するという効果がある。特に、本実施例ではステレオ測距部70と完全に独立な処理となるので、ステレオ測距及び前後ステレオ測距両手法の共倒れを防ぐことができ、信頼性、安全性が向上する効果がある。

【0050】(第4の実施例) 図6は本発明の第4の実施例を示し、同図において30はカメラ10、20の光軸方向の移動量検出部、430、440は画像データの斜め方向の空間勾配成分を阻止するクロスフィルタ、450、460はスルーで入力され画像とフィルタリング後の画像の差分を計算する減算器、470、480、490、500は画像メモリである。

【0051】本実施例と第1の実施例との特に大きな違いは、フィルタ430、440を新たに設けて前後ステレオ測距部60、80とステレオ測距部70とへそれぞれ画像の斜め方向の勾配成分と水平/垂直方向の勾配成分とを入力する点である。次にフィルタ430、440の働きについて説明する。

【0052】ステレオ測距法では、2台のカメラ10、20が同じ被写体距離で、かつ異なる視点になるように

配置されているので、2台のカメラ10、20から取り込まれた画像同士の間隔は、被写体距離によって長さは異なるものの、ほぼ同方向に並ぶオブティカルフローとして表現できる。例えば、2台のカメラが水平に並べられている場合には、左右画像の各画素の対応関係を示すオブティカルフローはほぼ水平方向にそろったものとなるし、同様に2台のカメラが垂直に配置された場合には上下画像の各画素の対応関係を示すオブティカルフローはほぼ垂直方向にそろったものとなる。

【0053】また、1台のカメラをその光軸方向に前後して入力した前後画像の各画素の対応関係を表すオブティカルフローは、ほぼ画像中心を中心として放射状に分布する。

【0054】次に、画像処理による対応付けや動き検出の際に問題となる開口問題(アパーチャ問題)について説明する。図7の(a)~(c)はそれぞれ水平、垂直、斜め(45°)方向にしか空間勾配が無いパターンで、これが図示した右斜め45°方向へVだけ移動した時の様子を示している。図7(a)の場合にはV₁は正しく検出できるものの、V₂の検出は不可能である。図7(b)の場合には逆にV₁は正しく検出できるものの、V₂は検出不可能である。一方、図7(c)の場合には正しくV₁、V₂を検出することができる。

【0055】このように、画像処理による対応付け、あるいは動き検出は、画像の空間勾配を絶対不可欠な手掛かりとしている。そこで、前記ステレオ測距部70には水平ないしは垂直方向の空間勾配を優先的に供給し、前記前後ステレオ測距部60、80には斜め方向の勾配成分を優先的に供給することにより、両手法の測距精度を向上させる効果がある。

【0056】尚、図6では、前後ステレオ測距部60、80には斜め成分のみを、ステレオ測距部70には水平/垂直成分のみを送るように構成されているが、実際にはクロスフィルタ430、440の帯域制限の遷移域を緩やかにするこにより、適度に両勾配が混在するように各手法へ画像データを供給することができる。ステレオ測距法には水平/垂直の勾配が、前後ステレオ測距には等方的な勾配分布が望ましい。尚、クロスフィルタの設計方法は、本発明者による特開平4-10873号公報「動きベクトル検出装置」に詳しく記述してある。

【0057】(第5の実施例) 次に第5の実施例について説明する。上記第1~第4の実施例ではいずれも、ある時刻のステレオ画像の対応付けから求まる距離データ D_1 と倍率の異なる時系列画像ペアの対応付けから求まる距離データ D_2 及び D_3 とについて説明した。しかしながら、画像は、焦点距離をワイド側からテレ側へ連続的にズームしながら、入力されて来るので、各々独立に時々刻々求められる D_1 、 D_2 、 D_3 を次の時刻の D_1' 、 D_2' 、 D_3' を求める時に参照することがで

11

【0058】時間方向の距離データの利用法の一例として、ここではステレオ測距法にカルマンフィルタ (Kalman Filter) を適用する方法について説明する。カルマンフィルタの適用のため、被写体距離の逆

$$(1/D_i) = (1/D_{i-1}) + \eta_i$$

・観測過程 (三角測量則)

$$u_i = B \cdot f \cdot (1/D_i) + \xi_i$$

但し、 η_i は信号に加わる雑音で距離データ $1/D$ の時間変動分に相当している。 ξ_i は対応点の探索プロセス中に加わる雑音で計測誤差に相当している。 B は基線

$$(1/D_i)^+ = K_i \cdot u_i + [1 - B \cdot f \cdot K_i] \cdot (1/D_i)^-$$

但し、 K_i はカルマンゲイン、 $(1/D_i)^+$ は1時刻

$$(1/D_i)^+ = (1/D_{i-1})^+$$

という関係が成り立っている。ここで+記号はカルマンフィルタの出力、-記号は次の時刻への予測値を示している。

【0060】図8は上記(12)～(15)式を模式的に描いた図である。図中600は本測距システムの状態変数で、求めたい信号であり、 $1/(被写体距離)$ と定義している。状態変数600の時間変化のプロセスが上記(12)式で表現されている。610は乗算器で、上記状態変数600に基線長 B と焦点距離 f とを乗じて画像上の移動量(動きベクトル=視差)を求めている。この関係は三角測量則に基づくもので、前記(2)式に $D \gg f$ を仮定して簡略化したものである。

【0061】620は加算器であり、上記動きベクトルを求める際に加わる計測誤差 ξ が加算される。630は上記動きベクトルである。640は上記動きベクトルに

$$K_i = (P_i^- \cdot B \cdot f) / \{ (B^2 \cdot f^2 \cdot P_i^-) + R_i \}$$

但し、

$$P_i^- = P_{i-1}^+ + Q_{i-1}$$

ここで、 R_i は観測過程に加わる雑音 ξ の分散値、 Q_i は信号過程に加わる雑音 η の分散値、 P_i は指定誤差の2乗 $(1/D_i - 1/D_i^+)^2$ である。

【0064】いま、対応点探索の計測誤差 R_i が小さく、現在観測された動きベクトルの精度が高い時、即ち $R_i \approx 0$ のときには、(16)式よりカルマンゲイン K_i は $1/(B \cdot f)$ に近づき、過去からの予測値への荷重 $(1 - B \cdot f \cdot K_i)$ はゼロに近づく。逆に、 R_i の値が大きくなれば、現在観測された動きベクトルに基づいて求められた距離よりも過去から予測される距離を重視するように適応的にその荷重を変化させていく。

【0065】以上のようにカルマンフィルタでは、現在観測されるデータ(ここでは動きベクトル又は視差)の信頼性、即ち R_i の大小に応じて適応的に“最新の観測データに基づいて予測される状態変数(ここでは被写体距離)”と“過去の推移から予測される現在の状態変数”とのバランスを変化させ、常に安定した予測値を得

12

数 $1/D$ を状態変数として、測距システムを以下のように定式化する。

【0059】・信号過程 (状態変数の特性)

$$\dots\dots\dots (12)$$

$$\dots\dots\dots (13)$$

長、 f は焦点距離、 u_i は動きベクトルである。この時、カルマンフィルタによって予測される距離情報 $(1/D_i)^+$ は下式(14)のように表わされる。

$$\dots\dots\dots (14)$$

前の距離データから現在予測される距離データで、

$$\dots\dots\dots (15)$$

カルマンゲインを乗ずる乗算器である。尚、カルマンゲインについては後述する。

【0062】650は加算器であり、現在観測された動きベクトル (= 視差) に基づいて予測される距離と過去から予測される距離とを荷重加算するためのものである。660は上記過去から予測される距離に荷重を乗ずるための乗算器である。そして、670がカルマンフィルタによって予測される距離データである。この距離データ670は次の距離推定のために順次利用されている。

【0063】次にカルマンゲインについて説明する。カルマンゲインは現在測定された動きベクトルに基づき予測される距離と過去から予測される距離との荷重を決定する。カルマンゲインを用いた本測距システムでは、カルマンゲイン K_i は式次で表わされる。

$$\dots\dots\dots (16)$$

$$\dots\dots\dots (17)$$

ようとするものである。

【0066】カルマンフィルタの適用の際に問題となる初期値 $1/D_0$ 、 P_0 については、本発明では前後ステレオ測距法によって求められる値をそのまま利用することができるメリットがある。逆に、ステレオ測距法による計測結果を初期値としてズーム測距方法にカルマンフィルタを適用することも可能である。また、カルマンゲインを決定する R_i は、観測データの信頼性を表わすものとして、例えばマッチング演算の残差の分布を利用することができ、その公知技術としては、International Journal of Computer Vision, 3, 209-238 (1989) 記載の“Kalman Filter-based Algorithms for Estimating Depth from Image Sequences”がある。

【0067】以上、ステレオ測距法にカルマンフィルタを適用した例について説明したが、同じ要領で前後ステレオ測距法へ適用することも可能なことは言うまでもない。

【0068】この第5の実施例は、測距の時間方向の情報統合の一手法となるもので、演算量が大幅に増加することなく、徐々に測距精度を高めることができ、かつ過去の測距結果を利用することで、現在入力された画像のみに依存する不安定さが減ぜられる効果がある。

【0069】また、逐次測距精度を高めることができるため、高速に被写体の概形を把握することから、やや時間をかけて高精度、高密度に被写体の3次元形状を計測することまで実行可能であり、目的に応じた自由度の高い測距を実現できる。

【0070】なお、本実施例では時間方向の測距データの融合方法をカルマンフィルタを例にとって説明したが、時間方向の情報統合が可能である他の手法であっても構わない。

【0071】上述した第1～第5の実施例では、ステレオ撮像部の光軸は平行であるとした。しかしながら、走行していく過程で、画角が非常にせままり対象物体を共通視野に捉えられなくなる場合が考えられる。この場合には、走行スピードと連動して両カメラを内側に駆動す

$$u = -f \cdot B/D (x, y) - \{ (x^2 + f^2) \cdot \sin P \} / (f \cdot \cos P + x \cdot \sin P) \quad (18)$$

$$v = [- \{ f - (f \cdot \cos P + x \cdot \sin P) \} \cdot y] / (f \cdot \cos P + x \cdot \sin P) \quad (19)$$

【0075】(18)式の第1項 $-f \cdot B/D (x, y)$ は、2つのカメラ10、20の視点が異なることによる画像の平行シフト量を示しており、台形歪みとは関係がない。それ以外の項は、すべて輻輳角Pが含まれており台形歪みの要因となる項である。(18)、(19)式より(x, y)の値が大きい画像周辺ほど大きく歪むことが判る。

【0076】歪み補正部700、710では(18)、(19)式の輻輳角Pを含む項を逆補正して、光軸が平行な2つのカメラによって、入力したかのように画像を幾何学的に修正する。

【0077】以上述べた第6の実施例では、ズームレンズに輻輳角をつけることによって発生する被写体の台形歪みを対応付けの前に幾何学的に補正するので、ステレオ測距法、前後ステレオ測距法ともに計測精度を向上させることができる。また、各カメラ10、20が被写体を注視するので、より多くの画素で被写体を捉えることができ、被写体のより細部の測距まで可能となる。即ち測距の分解能が向上するという固有の効果がある。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1、8の発明によれば、画像処理による3次元物体形状の認識の信頼性を向上させる効果がある。

【0079】また、請求項2、9の発明によれば、画像間の倍率が異なる時の前後測距法の測距精度を向上させる効果がある。

【0080】請求項3、10によれば、画像間の倍率が

るようにしても良い。

【0072】(第6の実施例)図9に第6の実施例を示す。図1との相違点は、2つのカメラ10、20が互いに内側に向かっている点、及びカメラ10、20の直後に画像の歪みを補正する歪み補正部700、710が追加された点である。

【0073】図9で示すようにカメラ10、20により左右(あるいは上下)2つの異なる視点から撮影した画像は、光軸が交差することにより台形歪みが生じる。そこで、画像データを各測距部60、70、80へ送る前に、上記台形歪みを補正する必要がある。

【0074】ここで、2つのカメラ10、20の基線長をB、2つのカメラ10、20のなす角度即ち輻輳角をP、撮影した複数の入力画像のうち、基準となる1つの画像の座標を(x, y)、但し画像の中心を原点(0, 0)とする。撮像レンズの焦点距離をf、被写体距離をDとすると、ステレオ画像ペアの各点の対応関係(u, v)は下式で表される。

異なる時の前後ステレオ測距法の測距精度を向上させる効果がある。

【0081】請求項4、11の発明によれば、画像の変倍や回転に強い前後ステレオ測距法を実現できる効果がある。

【0082】請求項5、12の発明によれば、画像の様々な方向の勾配成分を効果的にステレオ測距部と前後ステレオ測距部とに振り分けるので、両手法の測距精度を向上させる効果がある。

【0083】請求項6、13の発明によれば、前後ステレオ測距法、ステレオ測距法の精度を向上させ突発的なノイズに強くするとともに、目的精度や分解能に応じた測距が実行できる効果がある。

【0084】請求項7、14によれば、測距装置が大きく前後に移動しても共通の被写体を複数のカメラで捉えることができ、かつその時に発生する画像歪みが補正されるのでステレオ測距法の分解能、測距精度を向上させる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施例を示すブロック図である。

【図3】被写体距離と画像の変倍率との関係を示す特性図である。

【図4】本発明の第3の実施例を示すブロック図であ

る。

【図5】フーリエ・メラン変換を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第4の実施例を示すブロック図である。

【図7】アパーチャ補正に関する問題を説明する構成図である。

【図8】本発明の第5の実施例で用いられるカルマンフィルタを示す構成図である。

【図9】本発明の第6の実施例を示すブロック図である。

【図10】従来のステレオ測距法を示す構成図である。

【図11】従来の前後ステレオ測距法を示す構成図である。

【符号の説明】

10, 20 カメラ

30 移動量検出器

40, 50, 470, 480, 490, 500 画像メモリ

60, 80 前後ステレオ測距部

70 ステレオ測距部

90 統合処理部

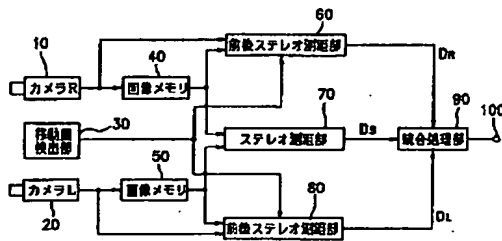
45, 55 倍率補正部

10 260, 270, 280, 290 フーリエ・メラン変換部

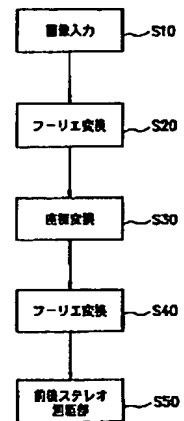
430, 440 クロスフィルタ

700, 710 台形歪み補正部

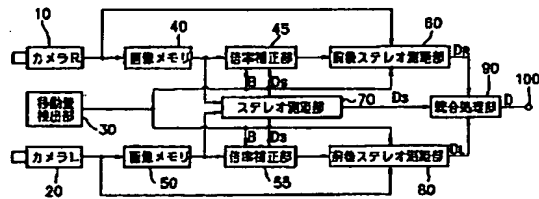
【図1】



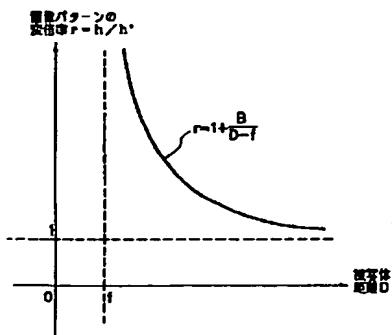
【図5】



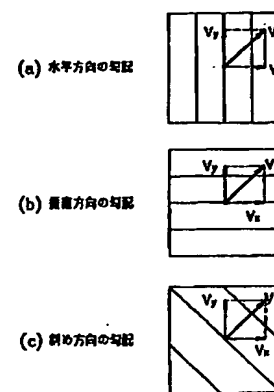
【図2】



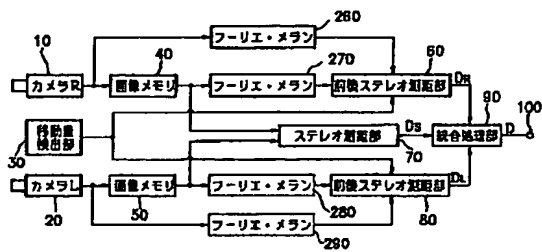
【図3】



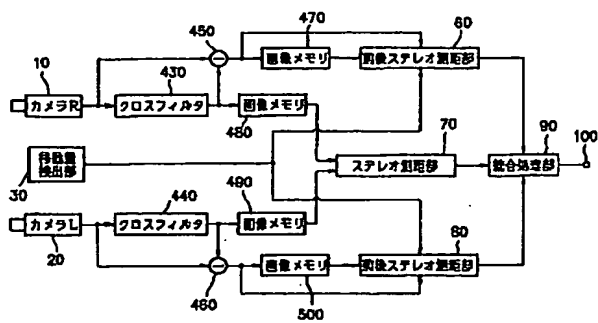
【図7】



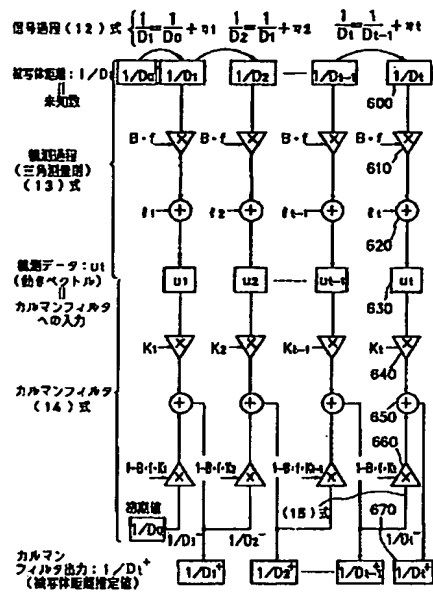
【図4】



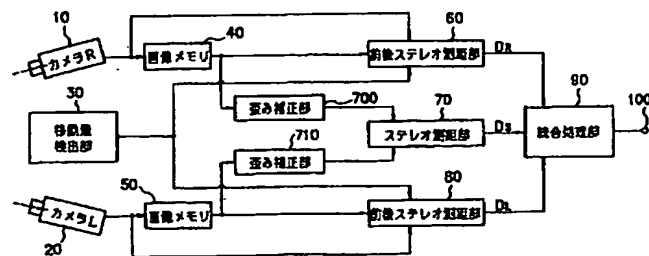
【図6】



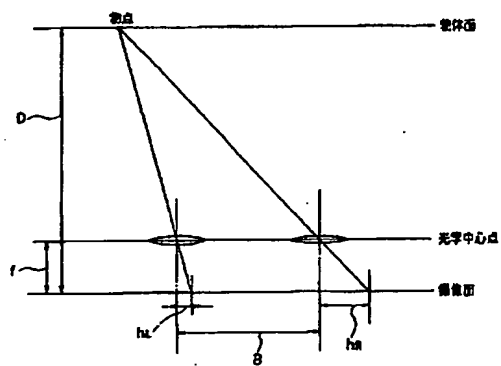
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

